UNCLASSIFIED

Defense Technical Information Center
Compilation Part Notice

ADP010570

TITLE: Evaluation des Performances Psychomotrices
et Mnesiques des Pilotes en Fonction de l'Age
[Pilots Memory and Psychomotor Performance
Evaluation in Relation With Age]

DISTRIBUTION: Approved for public release, distribution unlimited

This paper is part of the following report:

TITLE: Operational Issues of Aging Crewmembers
[les Consequences operationnelles du
vieillissement des equipages]

To order the complete compilation report, use: ADA388423

The component part is provided here to allow users access to individually authored sections of proceedings, annals, symposia, ect. However, the component should be considered within the context of the overall compilation report and not as a stand-alone technical report.

The following component part numbers comprise the compilation report:
ADP010557 thru ADP010582

UNCLASSIFIED

EVALUATION DES PERFORMANCES PSYCHOMOTRICES ET MNESIQUES DES PILOTES EN FONCTION DE L'AGE

J.P. Taillemite, F. Desmants, B. Sicard, R Niggel, J. Deroche, A Courtière, J.P. Menu
Centre d'expertise médicale du personnel navigant
B.P. 613, 83800 Toulon Naval, France
CEMPN.toulon@wanadoo.fr

SUMMARY

Pilots Memory and Psychomotor Performance Evaluation in Relation with Age.

Previous studies have shown an age related decrement in the performance of pilots tested in a flight simulator under intense attentional requirements.

The purpose of this experiment was to evaluate the relationship between age and aviation related tasks on performance.

We tested 31 military and 69 commercial pilots (including 34 former military pilots), age range 23 to 59 years, mean age 40 years old, on SEPIA, a motion based psychomotor evaluation device. SEPIA, similar to a flight simulator, is currently used to screen aviator candidates in the French Navy.

A significant correlation was observed between age and psychomotor performance and working memory. Younger pilots tended to perform better than older ones. SEPIA scores were also affected by experience, assessed by total flight time and years of flying. When looking at the different age groups, simulator and memory performance decrements were statistically significant at age 41 and beyond. Type of training and experience, either for fighter, maritime patrol or commercial pilots, did not influence performance. Self graded analysis of simulator performance was in agreement with the real score and not age dependent.

These tests did not allow us to evaluate flying skill of the participants, but only psychomotor capacity and adaptation to a new aeronautical environment. However, it is quite valid to take into consideration the age of the pilot when he transitions to another aircraft (after a first performance evaluation, naturally taking into account individual differences).

INTRODUCTION

En aéronautique civile ou militaire, près de 70% des accidents sont dus aux facteurs humains (1). Le pilotage, pour être performant repose sur des capacités individuelles sensorielles, psychomotrices et cognitives, sur une compétence et une expérience acquises lors de la formation et pendant la carrière et enfin sur des facteurs sociocollectifs.

Dans quelle mesure l'âge influe sur les performances en vol ?

Les ressources sensorielles qui s'altèrent avec le vieillissement sont régulièrement évaluées lors des visites d'aptitudes médicales systématiques. La fréquence de ces visites augmente avec l'âge, témoignant de la non-linéarité des dégradations physiosensorielles.

Les facteurs sociocollectifs sont influencés par le vieillissement. Les pilotes plus âgés ont plus de difficultés à faire face aux perturbations physiologiques engendrées par les rythmes de travail désynchronisés (2). Les capacités d'adaptation à de nouvelles procédures, d'acquisition de méthodes et d'intégration à un équipage, sont aussi réduites.

Les performances cognitives et psychomotrices peuvent être affectées par l'âge, particulièrement en situation de division d'attention importante (3). Dans ces circonstances, l'expérience, sous réserve de similarité des conditions, peut contrebalancer l'effet négatif de l'âge sur les performances. Leirer et Coll. ont montré lors d'une étude sur simulateur de vol, que des pilotes de 30 à 48 ans (moyenne d'âge de 37,6 ± 6,1) présentaient des performances inférieures à celles de jeunes pilotes de 18 à 29 ans (moyenne d'âge de 25,5 ± 3,6). Cette dégradation des performances liée à l'âge était particulièrement patente en situation de division d'attention importante, sollicitant à un niveau saturant les capacités mnésiques (4). Cependant dans cette étude, tout comme dans la précédente, un effet expérience a été suspecté, les sujets plus âgés ayant moins volé récemment que les pilotes plus jeunes.

Le but de ce travail est donc d'évaluer l'effet du vieillissement sur les performances de pilotage et les capacités mnésiques, en situation de division d'attention. Il est aussi de mesurer l'influence relative de la formation initiale sur les performances observées. Pour limiter les biais liés à une similarité de situation, soit l'équivalent d'un apprentissage, il n'a pas été fait appel à un simulateur de vol, qui aurait pu être familier à certains pilotes. Les tests ont été réalisés sur une plate-forme mobile d'évaluation psychomotrice appelée : « système d'évaluation des pilotes de l'aéronautique navale » (SEPIA), utilisée dans le Service Local de Psychologie Appliquée de l'aéronautique navale pour la sélection des candidats pilotes de la Marine.

METHODE

Population étudiée

Sur une période de six mois, cent pilotes professionnels volontaires – 31 militaires et 69 civils (dont 34 anciens militaires) – ont été recrutés à l'occasion d'une visite d'aptitude passée au centre d'expertise médicale du personnel navigant (CEMPN) de Toulon. Ils ont été répartis en quatre tranches d'âge d'effectif identique : 25 pilotes ont de 21 à 30 ans, 25 de 31 à 40 ans, 25 de 41 à 50 ans et 25 de 51 à 60 ans.

On distingue parmi les pilotes militaires :

- 19 pilotes de chasse,

Paper presented at the RTO HFM Symposium on "Operational Issues of Aging Crewmembers", held in Toulon, France, 11-14 October 1999, and published in RTO MP-33.

- 12 pilotes d'avions multimoteurs (liaison ou patrouille maritime).

Les pilotes civils - 65 pilotes de ligne et 4 pilotes de la sécurité civile - peuvent être répartis en fonction de leur formation d'origine en trois catégories :

- 35 pilotes de ligne qui n'ont jamais été militaires,
- 20 pilotes qui ont été pilotes de multimoteurs durant leur expérience militaire,
- 14 pilotes qui ont été pilotes de chasse durant leur expérience militaire.

Pour une exploitation cohérente des résultats, compte tenu d'une grande différence de moyenne d'âge entre les cinq catégories de pilotes définies ci-dessus, ils ont été réunis en trois groupes d'âge et de formation initiale homogènes :

- les pilotes de ligne qui n'ont jamais été pilotes militaires ;
- les pilotes de chasse et les anciens chasseurs reconvertis dans l'aviation civile ;
- les pilotes de multimoteurs militaires et les anciens pilotes de multimoteurs reconvertis.

Des critères d'inclusion stricts, définis ci-dessous, ont été imposés. Seuls ont été retenus les pilotes :

- brevetés et en activité ;
- d'avions uniquement (la plate-forme SEPIA reproduit un poste de pilotage d'avion) ;
- dont toute l'activité professionnelle s'est déroulée dans cette seule spécialité (les mécaniciens navigants ultérieurement formés au pilotage ont été exclus) ;
- médicalement aptes, sans affection aiguë ou dette de sommeil le jour des épreuves ;
- sans anomalie du sens chromatique et de l'audition (les sujets qui bénéficient d'une dérogation pour hypoacousie ont été éliminés) ;
- ne disposant d'aucune connaissance ou expérience de la plate-forme SEPIA.

La moyenne d'âge des participants est de 40 ans et 5 mois (écart-type 10,9), le plus jeune a 23 ans, le plus âgé 59 ans. Ils totalisent de 360 à 21 000 heures de vol et de 2 à 40 années d'expérience du pilotage.

Matériel

La plate-forme d'évaluation SEPIA est composée d'un poste de contrôle et d'une cabine d'aéronef reliés par un ordinateur central.

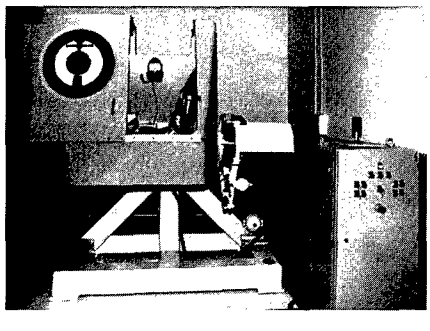


Figure 1. plate-forme SEPIA

Le poste de contrôle, réservé à l'expérimentateur, dispose d'un ensemble d'éléments de commande, de contrôle et d'enregistrement des résultats :

- un écran témoin, il s'y affiche les mêmes informations que celles qui figurent sur le tableau de bord du pilote pendant le test ;
- un PC de contrôle permet à l'expérimentateur de conduire le déroulement des différentes phases du test ;
- un ensemble haut-parleurs et micro assure un contact permanent entre l'expérimentateur et le participant ;
- une imprimante transcrit les résultats du test calculés par l'ordinateur.

La cabine (figure 1) est mobile autour de deux axes (roulis et tangage), surmontée d'une verrière opaque fermée durant les épreuves.

Le pilote, harnaché, dispose d'un casque audio par lequel transitent les consignes. Il a en face de lui un écran vidéo (21 pouces couleurs) représentant un tableau de bord rudimentaire d'avion léger. Il a pour sa main droite un joystick, un clavier numérique et quatre boutons-poussoirs de couleurs différentes, et pour sa main gauche une manette des gaz (figure 2).

Figure 2. poste de pilotage

Protocole

Le protocole proposé à chaque participant est constitué de deux exercices d'environ sept minutes aux commandes de la plate-forme, au cours desquels des tests de calcul mental et de mémoire sont mis en œuvre.

La phase de pilotage comprend une succession de manœuvres classiques et élémentaires, définissant un ensemble de trajectoires. Les consignes sont du type : " montez à 6000 pieds, virez au cap sud à 20° d'inclinaison ...", elles sont transmises au moyen de messages vocaux préenregistrés, pilotés par l'ordinateur. Ils sont également inscrits en guise de confirmation sur un bandeau de l'écran du tableau de bord réservé à cet effet. Il est bien sûr demandé au pilote de respecter le plus scrupuleusement possible les paramètres de vol : assiettes, vitesses ainsi que les régimes moteurs. L'ordinateur possède en mémoire les trajectoires optimales, il compare en temps réel durant tout le test la trajectoire idéale et celle du participant. Comme il est

impossible d'être aussi précis que l'ordinateur, dans un souci d'exploitation cohérente des données fournies, des fourchettes d'erreurs admissibles ont été prévues, fourchettes dans lesquelles l'ordinateur considère l'écart acceptable : plus ou moins 100 pieds pour l'altitude, cinq degrés pour le cap, trois degrés pour l'assiette. Au-delà de ces plages, la phase de vol ne donne pas de point au participant.

Pour l'ensemble des deux exercices, une seule note est calculée par l'ordinateur. Elle correspond au pourcentage de phases de vol où l'écart avec la trajectoire idéale se situe dans la fourchette autorisée, c'est un reflet de la qualité totale du pilotage, elle en regroupe tous les paramètres. Un pourcentage élevé traduit donc une bonne prestation, le pilote a bien suivi les consignes.

Afin de détourner du pilotage de base l'attention des participants, il a été décidé de leur imposer des tâches annexes, à exécuter pendant le "vol". Ce sont des exercices de calcul mental et de discrimination visuelle qui vont, de plus, servir à établir le score des tests de mémoire.

Le calcul mental comprend deux opérations arithmétiques simples par période de vol. Elles apparaissent pendant 5 secondes sur le bandeau de l'écran. Tout en continuant le pilotage (sur une plate-forme instable, non compensée), le candidat doit se servir du pavé numérique situé sur sa droite, afin d'y entrer et d'y valider le résultat du calcul. Aucune contrainte de temps n'est imposée. Les stratégies mises au point par chacun dépendent de leur faculté de mémorisation, d'organisation du travail, de désignation de priorités dans les tâches. Par exemple, certains préfèrent terminer un virage avant de lâcher le manche et de rentrer le résultat, nécessitant ainsi un effort de mémorisation plus important. D'autres s'affranchissent du calcul rapidement quitte à perturber la trajectoire. D'autres encore utilisent leur main gauche, soit pour atteindre la pavé numérique (peu pratique), soit pour remplacer la main droite sur le manche pendant quelques secondes. A la fin de chacun des deux exercices, le pilote doit restituer oralement le résultat des calculs effectués.

La seconde tâche est une épreuve de discrimination visuelle. Dans la zone réservée aux opérations arithmétiques, apparaissent en alternance des disques de couleur. Des consignes différentes, transmises au participant avant chacun des deux exercices, l'incitent à prendre en compte de façon particulière telles ou telles couleurs, au moyen des quatre boutons-poussoirs colorés dont il dispose. Ce travail vient à son tour perturber la qualité de la tâche principale. Il est demandé au pilote, à la fin de chacun des deux profils de vol, de restituer oralement la liste de certaines couleurs observées, ce résultat fait également parti des tests de mémoire.

Les deux épreuves de mémoire sont notées sur dix : deux points sont attribués à la restitution du calcul mental et huit à celle des couleurs.

A l'issue des épreuves, il est encore demandé à chaque candidat de remplir une fiche de renseignements professionnels et d'estimer sur une échelle graduée de 1 à 10 la qualité de sa prestation.

Il convient enfin de préciser qu'aucune intervention de l'expérimentateur n'est nécessaire pendant toute la durée des tests, dans la mesure où l'ordinateur seul pilote les différents événements - tâche principale et tâches annexes -, selon un ordre chronologique préétabli ; cet ordre est le même pour tous les participants.

Analyse des données

Les données analysées et rapportées dans cette étude sont : les performances sur le SEPIA, les scores des deux tests de mémoire (test 1 et 2) et l'auto-estimation des performances, en fonction des paramètres : âge, années d'expérience, heures de vol, formation initiale des pilotes.

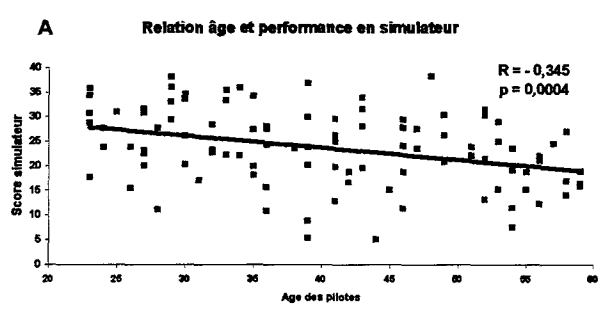
Suivant le cas, ces données sont analysées par régression linéaire ou par analyse de variance suivie des tests a posteriori adéquats. Les résultats des tests de calcul mental ne sont pas rapportés ici du fait du manque d'intérêt de leur analyse.

RESULTATS

Relations âge - performance

La meilleure performance aux commandes de la plate-forme (38%) a été réalisée par un pilote de 48 ans, la moins bonne (7%) par un pilote de 54 ans. Le score moyen est de 23,5% (écart-type 7,76). A partir de l'analyse statistique du résultat du vol simulé des cent pilotes de l'expérimentation, on observe une diminution progressive de la performance qui peut être corrélée avec l'augmentation de l'âge des participants. L'analyse de la régression linéaire entre âge et performance est très significative ($p = 0,0004$). La figure 3A montre bien cette tendance, la pente de cette régression étant négative.

On obtient également une pente négative en faisant figurer le nombre d'années d'expérience professionnelle ou le nombre d'heures de vol à la place de l'âge (figure 3B et 3C). Cependant, tant pour l'expérience professionnelle que pour les heures de vol, la significativité de la régression est moins importante qu'avec l'âge. La performance sur la plate-forme SEPIA reste stable et élevée jusqu'à 3000 heures de vol, elle diminue de façon significative à partir de 5000 heures de vol.



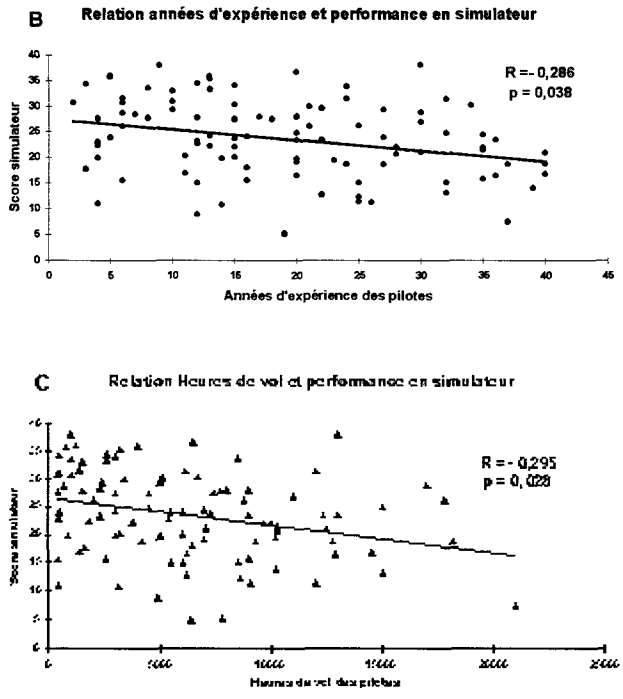


Figure 3. Relations âge, années d'expérience, heures de vol avec la performance

Relations âge - score de mémoire

Le score moyen du premier test de mémoire est de 3,66/10 (écart-type 2,2). L'analyse par régression entre âge et score de ce test s'avère non significative (figure 4A). En revanche, pour le second test de mémoire dont la note moyenne est 5,17 (écart-type 2,2), la corrélation avec l'âge est très significative (p = 0,0003). Le score diminue avec l'augmentation de l'âge, comme le montre la figure 4B.

L'existence d'un lien entre la performance en « vol » et le score du test de mémoire a été recherchée. En moyenne, ce sont les meilleurs aux commandes qui ont obtenu les notes les plus élevées au test de mémoire, et vice versa. Il existe un lien positif entre le score au simulateur et au test de mémoire (p = 0, 0002).

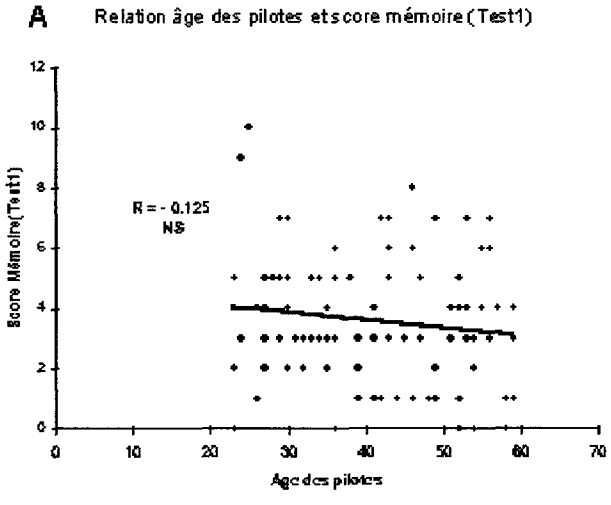


Figure 4. relations âge avec les scores de mémoire

Relations âge – auto-estimation de la performance (indice de lucidité)

La figure 5 montre un lien important entre la notation que les pilotes ont attribuée à leur performance et le score réel qu'ils ont obtenu sur le SEPIA.

Une analyse plus fine révèle que l'écart relatif entre auto-évaluation et performance réelle reste stable quel que soit l'âge des pilotes.

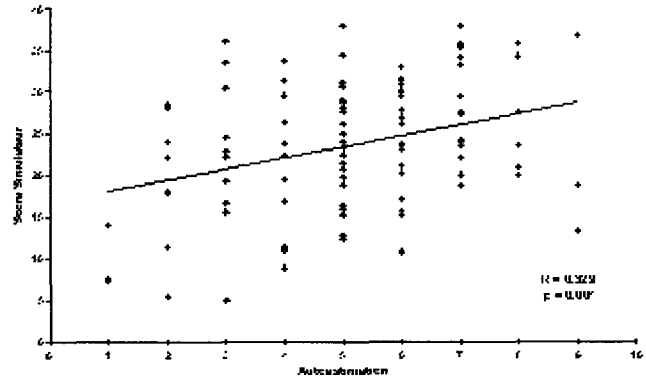


Figure 5. Relation auto-estimation et performance réelle

Relations âge - performance et score de mémoire, par tranches d'âge de dix ans

Comme cela a été mentionné, la population étudiée a été recruté par tranches d'âge d'effectif comparable. La tranche 21-30 ans obtient le meilleur score de performance sur la plate-forme, et la tranche 51-60 le moins élevé. Sur la figure 6, où les scores moyens au simulateur et au test de mémoire sont représentés en ordonnée et les tranches d'âge en abscisse, des diminutions apparaissent :

- pour la performance sur le SEPIA, la première décroissance survient en passant de la tranche 21-30 ans à la tranche 31- 40 et la seconde de la tranche 41-50 à 51-60. Un plateau est observé entre les tranches d'âge 31-40 ans et 41-50 ; bien que, statistiquement, ce soit à

partir du groupe des 41-50 que la diminution des performances devienne significative.
- pour le test de mémoire, la chute des scores relativement la plus importante semble se manifester entre les tranches d'âge 21-30 ans et 31-40. Cependant elle ne devient statistiquement significative qu'à partir de la tranche 41-50 ans.

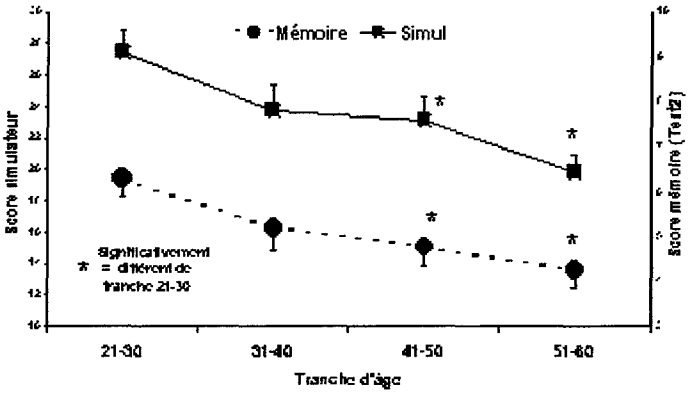


Figure 6. Performances au simulateur, test mémoire et tranche d'âge

Etude des performances en fonction du type de formation initiale

Que ce soit pour le score en simulateur ou le test de mémoire, on n'observe pas de différence significative (figure 7) entre les résultats des trois groupes de pilotes de formation initiale semblable : les pilotes de ligne qui n'ont jamais été militaires, les pilotes de chasse et les anciens chasseurs, et les pilotes de multimoteurs et les anciens pilotes de multimoteurs reconvertis dans l'aviation civile.

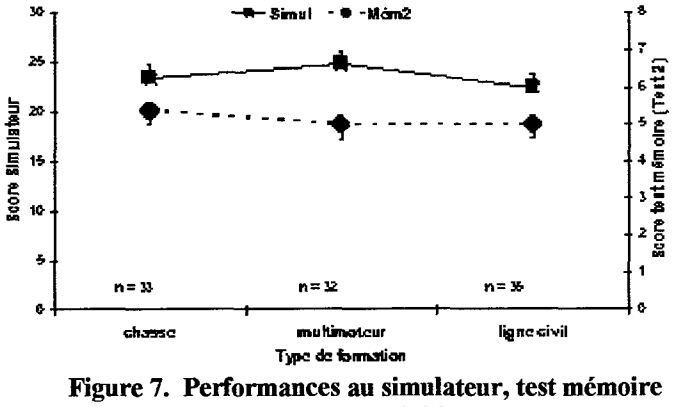


Figure 7. Performances au simulateur, test mémoire et formation initiale

DISCUSSION

Sur la méthode

Il est souvent difficile de comparer les performances de pilotes jeunes et plus âgés car ces derniers, notamment en milieu militaire, ont à assumer des responsabilités de commandement qui les éloignent des avions. Pour les 100 pilotes qui ont participé à ce test, le pilotage représente l'activité principale.

On pourrait imaginer que la plate-forme d'évaluation avantage les sujets les plus jeunes, rompus à tous les types de simulateurs modernes. Le SEPIA n'est pas un simulateur, il ne reproduit aucune cabine existante à l'heure actuelle dans l'aviation de chasse, de patrouille maritime ou dans l'aéronautique civile. De plus, le « vol » accompli pendant le test s'apparente plus à un exercice d'adaptation pure à un environnement qu'à la mise en évidence de qualités particulières de pilotage dans des phases programmées délicates (circuit d'attente, percée, finale, ravitaillement), ou lors de procédures d'urgence engendrées par un type de panne prévu.

Comme le montre la photo de l'écran de la plate-forme (figure 8), les instruments qui figurent sur le tableau de bord et leur localisation permettent, à ceux qui ne sont pas habitués à travailler sur des écrans cathodiques, de retrouver une disposition classique des informations de vol par le biais d'instruments répartis de façon traditionnelle. Ceux qui pilotent des avions plus récents, disposant d'informations regroupées sur un écran central, retrouvent, grâce au contexte cathodique, un environnement familier.

D'une manière très générale, une grande majorité des participants s'est plainte de l'instabilité de la machine ainsi que de l'absence de tout système de compensation, les contraignant à une vigilance de tous les instants. Ils ont également été surpris par la charge de travail, à la limite de la saturation. La plupart pilote en équipage et procède à des répartitions de tâches.

Les plus jeunes se sont montrés plus concentrés, moins démonstratifs ; les plus anciens ont davantage commenté leurs actes, surtout lors des phases délicates. Il semble que ceux-ci aient voulu rassurer l'expérimentateur quant à leurs réelles capacités : « si ma prestation n'est pas très bonne, sachez que je m'en rends compte et qu'en situation réelle, j'agirai pour rétablir une situation saine en répartissant la charge de travail, en temporisant, en faisant répéter les consignes... ».

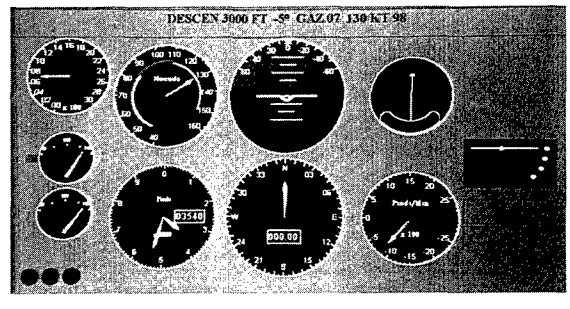


Figure 8. Ecran du tableau de bord

Sur les résultats

Dans cette étude, il semble donc que l'âge, plus que les années d'expérience, le nombre d'heures de vol ou le

type de formation initiale, ait une influence déterminante sur la baisse des performances et des capacités mnésiques. Ce constat rejoint les conclusions de plusieurs travaux scientifiques (5)(6).
Une chute des performances semble se dessiner au passage de la tranche d'âge 21-30 ans à 31-40, et s'accentue pour devenir significative pour les tranches 41-50 ans et 51-60. On peut affiner ce résultat en faisant porter le calcul sur des tranches d'âge de cinq ans. Avec cette deuxième approche, la chute de performance devient statistiquement significative à partir de la tranche 41-45 ans.
Le score du premier test de mémoire est faible pour l'ensemble des pilotes ; les participants ont vraisemblablement privilégié le pilotage au détriment de l'épreuve de mémoire à laquelle ils ont accordé plus d'importance dans le second test. Il est vraisemblable que la décroissance du score de mémoire constatée au passage de la troisième à la quatrième décennie, et même dès la tranche 26-30 ans, soit liée à une réduction d'activité mnésique professionnelle concomitante de la fin de la formation au pilotage. Actuellement les pilotes font peu appel à leur mémoire. Il ne semble pas que par stratégie, certains aient négligé le pilotage pour se consacrer plus aux tests de mémoire, puisqu'une meilleure réussite à ces tests est associée aux résultats les plus élevés en « vol ».
L'auto-estimation de la performance, quel que soit l'âge, reste en moyenne fidèle au score des exercices, cette capacité n'évolue pas avec l'âge dans ce travail.
En raison des importantes différences d'âge entre les catégories de pilotes qui ont participé au test – les militaires sont dans l'ensemble plus jeunes que les civils – l'analyse comparative des résultats par spécialité n'a pas été conduite. C'est le type de formation initiale qui a été retenu pour rechercher l'influence du mode d'exercice de la profession sur le résultat des tests. La comparaison des performances en fonction du type de formation initiale, incite à conclure que ces exercices n'ont pas avantagé les pilotes de telle ou telle spécialité.
Il est important de préciser que les performances mesurées au cours de ces tests ne permettent pas d'apprécier la qualité du pilotage des participants, mais plus leurs capacités psychomotrices et leurs facultés d'adaptation à un environnement aéronautique nouveau. Les exercices proposés font peu appel à l'expérience professionnelle, ils n'évaluent pas les dimensions collectives du vol, comme la coordination en équipage ou les rapports avec le contrôle aérien. Les moyens mis en œuvre dans cette étude n'ont pas favorisé les pilotes les plus âgés.

CONCLUSION

Les capacités psychomotrices et mnésiques de 100 pilotes professionnels volontaires, en situation de division d'attention, ont été mesurées sur la plate-forme mobile d'évaluation SEPIA. Une décroissance des performances corrélée avec l'âge est observée. Cette évolution des capacités psychomotrices et mnésiques, qui est significative dès la quatrième décennie, semble apparaître plus tôt, dès la troisième. Qu'elle est son influence sur le comportement en vol des pilotes ? Ce travail ne permet pas de le déterminer. Cependant, il paraît légitime de souhaiter que le programme de transformation des pilotes sur de nouveaux types d'aéronefs puisse être modulé en fonction de l'âge (après une première évaluation des performances, compte tenu d'importantes variations interindividuelles).

REFERENCES

1. Grau JY, Doireau P. Causes psychologiques : le risque évolue-t-il avec les nouvelles technologies ? Médecine Aéronautique et Spatiale 1995 ; 34,136 : 241-250.
2. Gander PH, Nguyen D, Roseking MR, Connel LJ. Age, circadian rhythms, and sleep loss in flight crews. Aviation Space and Environmental Medicine 1993 ; 64 : 189-195.
3. Tsang PS, Shaner TL. Age, attention, expertise, and time-sharing performance. Psychology and aging.1998 ;13,2 : 323-347.
4. Leirer VO, Yesavage JA, Morrow DG. Marijuana, aging, and task difficulty effects on pilot performance. Aviation Space and Environmental Medicine 1989 ; 60 : 1145-1152.
5. Juhel J. Vieillissement, ressources de traitement et performance cognitives. Psychology et psychométrie. 1997 ;18 : 31-49.
6. Margolis RB, Scialfa CT. Age differences in Wechsler memory scale performance. Journal of clinical psychology. 1984 ; 40 : 1442-1449.